



my building is green  
A LIFE PROJECT

## LIFE my building is green

LIFE17 CCA/ES/000088

### Application of Nature-Based Solutions for local adaptation of educational and social buildings to Climate Change

Entregable: Documento de ayuda para el “Diseño de Prototipos”

**02- Estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz.**

Instituto de Ciencias de la Construcción **EDUARDO TORROJA** – CSIC  
Fecha: 28/06/2019



“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

## Índice

### **1. OBJETIVO**

### **2. ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PASIVAS PARA LAS 3 UBICACIONES**

- 2.1. Oporto
- 2.2. Évora
- 2.3. Badajoz

### **3. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS PASIVAS**

“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

## Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

### 1. OBJETIVO

Este documento constituye una parte del entregable “Diseño de Prototipos”. Pretende definir las estrategias bioclimáticas más adecuadas para cada una de las tres ubicaciones del proyecto LIFE My Building is Green.

Las estrategias a implementar en el proyecto van dirigidas a la reducción de la demanda energética de refrigeración durante el periodo cálido. No obstante, se analizan las estrategias necesarias para todo el año con objeto de no introducir mejoras para verano que signifiquen un empeoramiento del comportamiento energético del edificio durante el invierno.

### 2. ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PASIVAS PARA LAS 3 UBICACIONES

Para fundamentar la selección de las estrategias más adecuadas para cada una de las ubicaciones se plotean datos climáticos horarios relevantes en los ábacos psicrométricos para confort humano, en concreto:

- Temperatura seca (calor sensible)
- Humedad relativa y absoluta

Para el plotado de los datos en los ábacos psicrométricos se ha utilizado el software Climate Consultant 6.1 (UCLA, 2008).

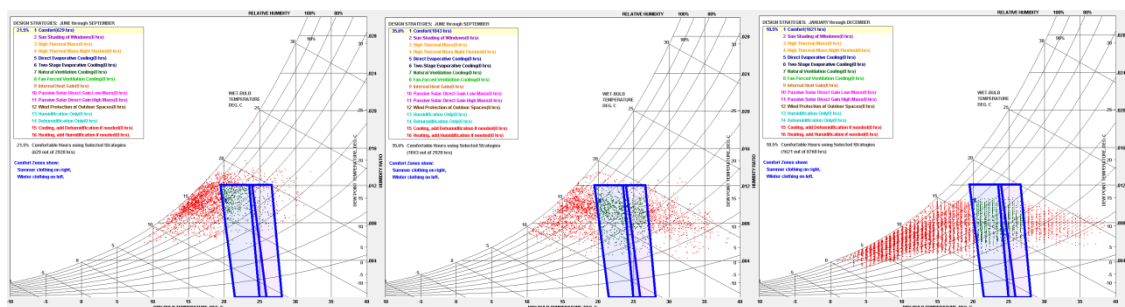


Figura 1. Diagramas psicrométrico para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz durante el periodo de verano (junio a septiembre)

En el periodo analizado (junio a septiembre), en el caso de Oporto se cuenta con un 21% de horas dentro del rango de confort, un 35,6% de horas en Évora y el 37,2% en Badajoz.

Las medidas bioclimáticas propuestas están adaptadas para las condiciones climáticas de cada situación y se han obtenido de diversas fuentes (García Arroyo, 1983; Givoni, 1998; Mazei and Serra Florensa, 1985; Neila, 2009).

“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

## 2.1. Oporto

Durante el verano (junio a septiembre), sería posible conseguir un 98% de horas de confort sin necesidad de utilizar sistemas activos de climatización mediante la incorporación de las medidas pasivas adecuadas.

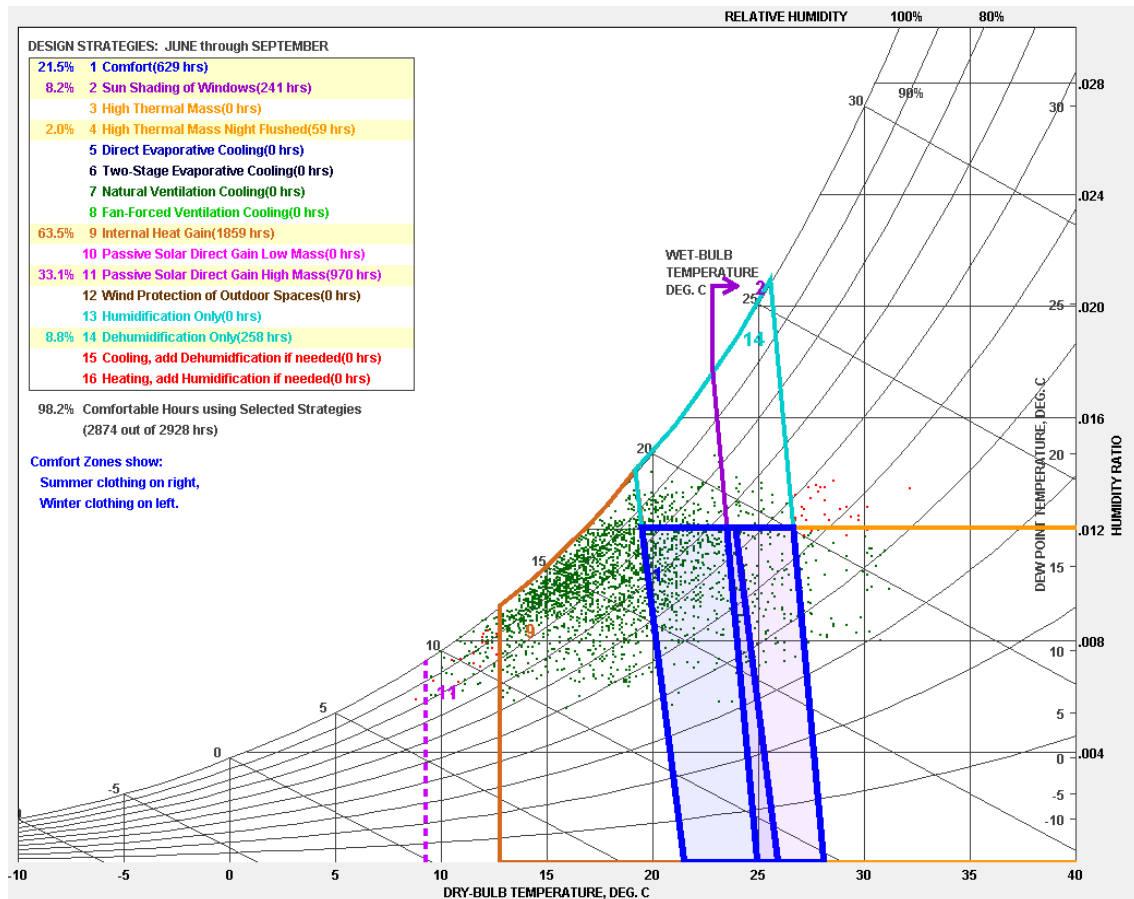


Figura 2. Diagrama psicrométrico con incorporación de las medidas de mejora pasivas más adecuadas durante el verano en la ubicación de Oporto (UCLA, 2008)

De acuerdo con el análisis del diagrama psicrométrico, las medidas pasivas más adecuadas para la reducción de la demanda de refrigeración durante los meses de junio a septiembre en el clima templado y húmedo de Oporto son las siguientes:

- Sombreado de huecos para prevenir sobrecalentamiento
- Ventilación cruzada
- Control de las ganancias internas
- Aprovechamiento de la inercia térmica
- Deshumidificación

Las medidas deben tener en cuenta su impacto en invierno para no penalizar la captación solar pasiva y la conservación del calor durante los meses fríos.

“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

## 2.2. Évora

Durante el verano, mediante la incorporación de medidas pasivas adecuadas, sería posible conseguir un 98% de horas de confort sin necesidad de utilizar sistemas activos de climatización.

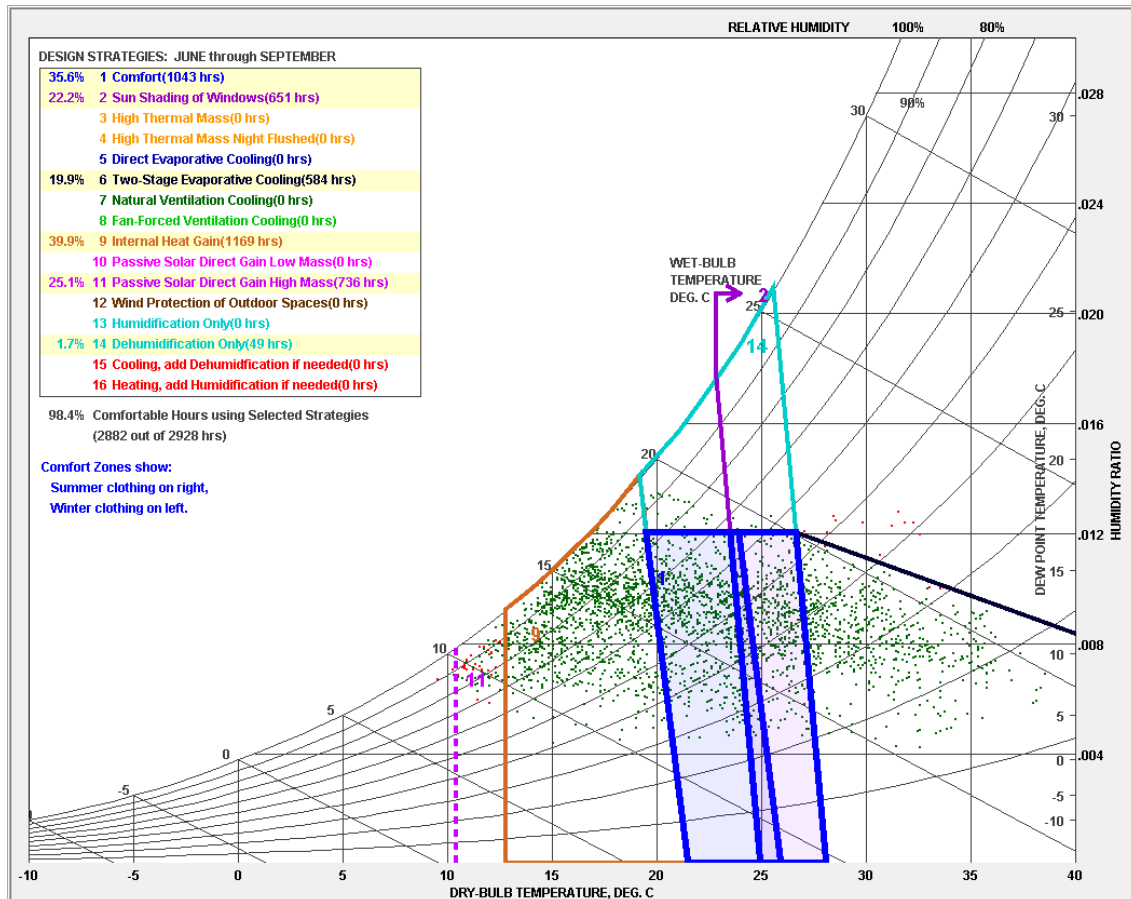


Figura 3. Diagrama psicrométrico con incorporación de las medidas de mejora pasivas óptimas durante el verano para la ubicación de Évora (UCLA, 2008)

De acuerdo con el análisis del diagrama psicrométrico, las medidas pasivas más adecuadas para la reducción de la demanda de refrigeración durante los meses de junio a septiembre en el clima templado y seco de Évora son las siguientes:

- Sombreado de huecos y espacios exteriores durante el verano
- Ventilación cruzada
- Sistemas de enfriamiento evaporativo
- Gestión de las cargas internas
- Colores claros y cubierta reflectante

Las medidas deben tener en cuenta su impacto en invierno para no penalizar la captación solar pasiva y la conservación del calor durante los meses fríos.

“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

### 2.3. Badajoz

Durante el verano, mediante la incorporación de medidas pasivas adecuadas, sería posible conseguir prácticamente el 100% de horas de confort sin necesidad de utilizar sistemas activos de climatización.

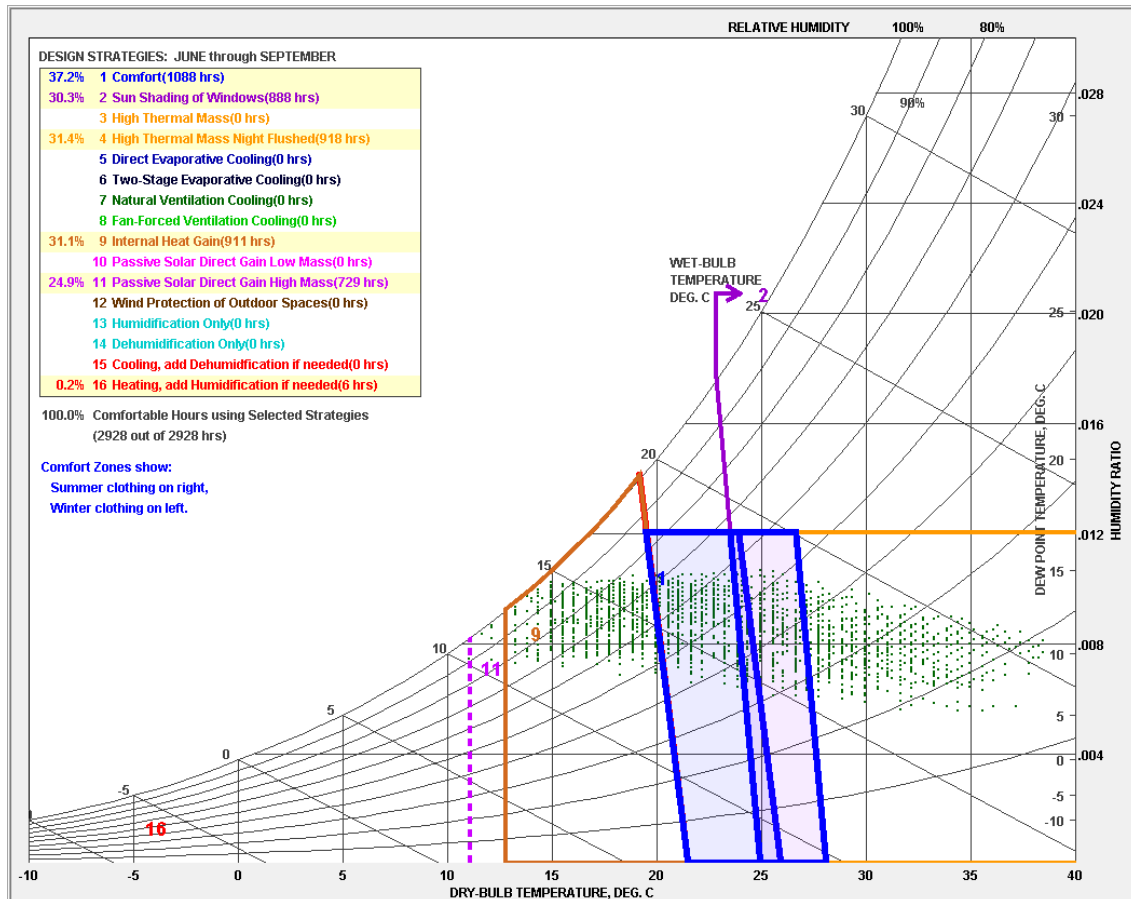


Figura 4. Diagrama psicrométrico con incorporación de las medidas de mejora pasivas óptimas durante el verano para la ubicación de Évora (UCLA, 2008)

- Cubierta plana reflectante
- Sombreado de huecos (máxima sombra en verano y mínima en invierno)
- Sistemas de enfriamiento evaporativo
- Aprovechamiento de la inercia térmica
- Ventilación nocturna
- Gestión de las cargas internas
- Uso de ventiladores de techo

Las estrategias se deben implementar sin influir negativamente en el comportamiento bioclimático en invierno.



“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS PASIVAS

#### a. *Cubierta plana reflectante*

Los techos fríos están compuestos por superficies que reflejan la luz solar y emiten o descargan el calor eficientemente, manteniéndolos más frescos en los días soleados. Las dos propiedades que determinan la temperatura de un techo son la reflectancia solar y la emisividad térmica, medidas en una escala de 0 a 1. Cuanto más grandes sean los dos valores, la temperatura del techo se mantendrá más fresca. Las características ópticas de las cubiertas deben tener las siguientes propiedades:

- Reflectancia solar (SR) > 0.7;
- Emisividad térmica (TE) > 0.75

#### b. *Espacios y patios exteriores sombreados*

El sombreado de los espacios exteriores con inclusión de una fuente o lámina de agua para aumentar la humedad permitirá reducir la temperatura por el efecto del enfriamiento evaporativo.

#### c. *Edificaciones semienterradas*

Las edificaciones semienterradas están protegidas de los cambios extremos en la temperatura exterior, de la precipitación, el viento y la humedad. Además de proteger a la edificación de los elementos, el semi-enterramiento ayuda a preservar el hábitat natural y reducir la transmisión del ruido exterior.

#### d. *Ventilación cruzada*

Los edificios pueden ser ventilados y/o enfriados aprovechando las corrientes naturales de viento. Las aberturas de ventanas deben estar orientadas perpendicularmente a los vientos dominantes. Aunadas a aberturas en el lado opuesto de un espacio o edificio, proporcionarán ventilación natural utilizando el aire fresco exterior. El uso adecuado de la ventilación cruzada puede evacuar el calor del edificio manteniendo la temperatura del aire interior aproximadamente 1.5°C por debajo de la temperatura de aire exterior.

*GUIAS: Oriente las aberturas de entrada del aire de manera perpendicular a (o a un máximo de ± 45° de) los vientos dominantes. Localizar las aberturas de salida en el lado opuesto a las aberturas de entrada, asegurándose de que éstas sean iguales o de mayor tamaño que las aberturas de entrada. Mantener una trayectoria libre de obstáculos entre las aberturas de entrada y salida para que el flujo de aire sea adecuado (UCLA, 2008).*

#### e. *Ventiladores de techo*

La ventilación inducida mediante ventiladores de techo puede reducir la sensación térmica hasta en 5 °C en los días calurosos.

#### f. *Sombreado: fachada solar*

Durante los meses cálidos del verano, el uso de aleros o voladizos bloquea la luz solar directa no deseada incidente en las áreas acristaladas, reduciendo de esta manera la demanda de refrigeración. Se deben ubicar aleros o voladizos por encima del área acristalada (orientada hacia el sur). La proyección de aleros y voladizos se extenderá aproximadamente:



“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

- 1/3 de la altura de la abertura acristalada para latitudes de 36° a 40°

También se pueden utilizar persianas horizontales exteriores para dar sombra a áreas acristaladas orientadas hacia el sur. Utilice las guías anteriores para determinar la dimensión de la proyección de las persianas horizontales en función de distancia entre ellas.

#### ***g. Aprovechamiento de la inercia térmica***

La rehabilitación energética para estos climas puede incluir un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) de manera que la masa térmica existente en los cerramientos quede incluida en el interior y poder aprovechar la inercia para amortiguar el desfase de temperatura entre el día y la noche.

#### ***h. Enfriamiento Evaporativo***

En climas secos y calurosos, el uso del enfriamiento evaporativo ayuda a reducir la temperatura del aire. Si se distribuye el aire enfriado hacia el interior de un espacio o edificio se puede reducir su temperatura interior (ver medida c).

Un ejemplo de ello sería la torre de enfriamiento evaporativo. La evaporación de agua en la parte superior de una torre de enfriamiento crea una corriente descendente de aire frío que puede ser distribuido a un espacio o área específica. La cantidad de aire frío producido por la torre depende de la humedad del medio ambiente, la altura de la torre, y la cantidad de agua que se evapora. Configure la torre de enfriamiento evaporativo con:

- Una altura mínima de dos veces la altura del espacio a enfriar, con
- Un área de sección transversal de aproximadamente:
  - 3 m<sup>2</sup> para aplicaciones residenciales
  - 6 m<sup>2</sup> para aplicaciones comerciales

Cuanto más alta sea la torre, mayor será la cantidad de aire enfriado. El área de la abertura de salida (la cual distribuye el aire enfriado) deberá ser tan grande como la sección transversal de la torre de enfriamiento evaporativo.

#### ***i. Ventilación nocturna***

La masa térmica de un espacio enfriado por la noche absorbe calor durante el día, manteniendo una temperatura fresca a lo largo de su superficie, y contribuyendo a crear condiciones de confort durante el día. En climas secos, con una diferencia de temperatura entre el día y la noche de 11 C° o más, y donde las temperaturas nocturnas de verano caen por lo menos 5.5 C° por debajo de la temperatura interior deseada durante el día, se puede aprovechar el aire fresco de la noche para disipar el calor acumulado en el espacio. El espacio se mantendrá fresco durante el día sin el uso de fuentes de energía.

Para ello el edificio debe incorporar masa térmica en las paredes, suelos y/o techos interiores:

- Un mínimo de 10.2 cm de espesor, con





“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz

- Un área de superficie expuesta de 1 a 3 veces el área del espacio que se desea acondicionar.

Mientras más grande sea la superficie expuesta de la masa en un espacio, más estable será su temperatura interior. La ventilación cruzada o inducida permite enfriar la masa térmica por la noche.

**j. Aprovechamiento de las ganancias internas**

Reducir la iluminación y los equipos ayuda a reducir la demanda de refrigeración en verano durante las horas de calor. En los momentos en los que la temperatura está por debajo, puede ayudar a mantenerla dentro del confort.

**k. Ventilación cruzada inducida**

El uso de aberturas situadas en la parte baja y alta de un espacio, colocadas en lados opuestos, produce un ‘efecto chimenea’ – el aire caliente del interior escapa a través de las aberturas altas, induciendo la entrada de aire exterior más frío a través de las aberturas bajas. La fuerza de empuje que se produce cuando el aire experimenta una diferencia de temperatura – por lo menos 1.7 C° de diferencia entre el aire interior y exterior – produce el ‘efecto chimenea’ dentro de un espacio o ducto de ventilación, induciendo una corriente que evacua el aire caliente acumulado dentro del espacio o edificio. Para la localización de aberturas de entrada y salida:

- Espacios comerciales – Un mínimo de 4.6 metros de separación entre las aberturas.

Cuanto más grande sea la separación vertical entre las aberturas, mayor será el movimiento del aire. Localice las aberturas de entrada por debajo de la altura del torso de los ocupantes – 0.76 m a 1.37 m sobre el nivel de piso acabado.

**l. Ganancia directa: área acristalada**

Las áreas acristaladas permiten la entrada de la radiación solar directamente a los espacios para calentarlos de manera pasiva en el invierno. El área acristalada orientada a sur debe dimensionarse con la idea de permitir la entrada de suficiente radiación, en un día invernal soleado típico, como para calentar el espacio interior durante un período de 24 horas. El dimensionado se realiza como porcentaje de la superficie que se desea calentar:

Climas Fríos \*

- 16% para latitudes de 28° – 40°
- 20% para latitudes de 44° – 56°

Climas templados

- 10% para latitudes de 28° – 40°
- 13% para latitudes de 44° – 56°

*GUIAS: Oriente el área acristalada solar dentro de un rango de  $\pm 15^\circ$  del ecuador, y a no más de  $\pm 25^\circ$  de dichas orientaciones. Guarde una parte del calor ganado durante el día para su uso durante la noche proporcionando suficiente masa térmica dentro del espacio.*



**“DISEÑO DE PROTOTIPOS” 02- Propuesta de estrategias bioclimáticas para las ubicaciones de Oporto, Évora y Badajoz**

*En climas muy fríos incorpore aislamiento movable para proteger el área acristalada durante la noche (UCLA, 2008).*

#### **4. CONCLUSIONES**

En este documento se han localizado las líneas generales que deben observar las soluciones a incorporar en la edificación de las tres ubicaciones del proyecto para la mejora de las condiciones de confort durante el verano (junio a septiembre). Para la selección de las medidas más adecuadas, se ha ordenado de mayor a menor el impacto en número de horas de confort de cada una de ellas, sin entrar a valorar a priori si su implementación es posible o no en los edificios demostradores.

La decisión de las medidas que se pueden incorporar mediante soluciones basadas en la naturaleza (NBS) se debe realizar en base a las líneas planteadas en este documento. Al tratarse de obras de rehabilitación, algunas medidas serán de fácil incorporación (como puede ser la inclusión de elementos de sombreamiento en las ventanas) y otras dependerán de las características existentes en la edificación a intervenir (a modo de ejemplo, el aprovechamiento de la inercia térmica depende de que en el edificio existan cerramientos pesados).

La mayor diferencia entre la adaptación climática de la arquitectura en las distintas ubicaciones se basa en la humedad, muy alta en Oporto, baja en Évora, y muy baja en Badajoz. Los sistemas de enfriamiento evaporativo serán muy efectivos en Badajoz y contraproducentes en Oporto, donde puede ser necesario deshumidificar.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- García Arroyo, A., 1983. Bases para el diseño solar pasivo: equipo de ahorro de energía en la edificación. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Givoni, B., 1998. Climate considerations in building and urban design. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Mazei, E., Serra Florensa, R., 1985. El libro de la energía solar pasiva. Gustavo Gili, México.
- Neila, F.J., 2009. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Editorial Munilla-Leria, Madrid.
- UCLA, 2008. Climate Consultant, Energy Design Tools. Department of Architecture and Urban Design.